Lane Medical Library

STANFORD UNIVERSITY
JUL
25
1939
LIBRARY

Aus der Medizinischen und Nervenklinik der Universität Gießen.
(Direktor: Prof. Dr. H. Reinwein)

Das Elektrokardiogramm des kreislaufgesunden ruhenden Menschen bei Einatmung von reinem Sauerstoff unter normalem atmosphärischen Druck

DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
bei der Medizinischen Fakultät
der Hessischen Ludwigs-Universität
zu Gießen

eingereicht von
HANS KÜMMEL
aus Wieseck bei Gießen.

Gießen 1938

Buch- und Kunstdruckerei C. Schneider Nachf. (Inh.: W. Gratzfeld), Butzbach-H.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät zu Gießen.
Referent: Prof. Dr. A. J. Anthony

Die vielfache therapeutische Indikation des Sauerstoffes und die bei Höhenflügen und Hochgebirgsexpeditionen erforderliche Anwendung desselben lassen die Frage notwendig erscheinen, welchen Einfluß die Sauerstoffatmung auf die biologischen Vorgänge des menschlichen Körpers hat und innerhalb welcher Grenzen die physiologischen Wirkungen des Sauerstoffes zu suchen sind.

Zur Klärung dieser Frage dient eine Reihe systematischer Untersuchungen, in deren Rahmen auch erörtert werden soll, welchen Einfluß die unter normalem atmosphärischen Druck stehende Sauerstoffatmung auf das Ekg des ruhenden Menschen hat.

Soweit aus der Literatur zu ersehen ist, sind noch keine derartigen Beobachtungen gemacht worden. Dagegen sind die Veränderungen am Herzen bei Atmung von sauerstoffarmer Luft, bei Unterdruckatmung und bei anderen anormalen Atmungsverhältnissen bekannt:

Greene und Gilbert fanden bei Atmung eines CO_2-freien Luftgemisches mit abnehmendem O_2-Gehalt Tachykardie, Verkürzung des P-R- und des R-T-Intervalls und Abnahme der Nachschwankung.

Kountz und Gruber machten Anoxämieversuche an narkotisierten und tracheotomierten Hunden und kamen zu nachstehendem Ergebnis: Bei Sinken des Sauerstoffgehaltes im Blut um 30 % wird die Nachschwankung kleiner bis zur Umkehr in ein negatives T. Bei fortschreitender Anoxämie wird die T-Zacke wieder positiv, groß und breit und das S-T-Stück verschwindet in der Nachschwankung.

Larsen beobachtete bei O_2-Mangel Abflachung und zum Teil Negativwerden der T-Zacke in der I. und II. Ableitung.

Tigges fand bei Sauerstoffmangelatmung Frequenzsteigerung, Verkürzung des P-R-, des R-T- und des S-T-Intervalls, außerdem Höhenzunahme der P- und Höhenabnahme der R- und der T-Zacke. Nach Rückkehr zur normalen Luftatmung kam es zu Pulsfrequenzabnahme unter den Ausgangswert, respiratorischer Arhythmie, Verlängerung des P-R-, R-T- und S-T-Intervalls, Abnahme der P-Zackenhöhe, Anstieg der R- und der T-Zacke. Tigges gibt weiterhin an, daß Sauerstoffmangelatmung und Unterdruckatmung die gleichen Ergebnisse haben.

Ryser stellte bei Atmung von Luft mit vermehrtem CO_2-Gehalt fest, daß der normale Erregungsablauf beschleunigt wird durch Verkürzung des P-R-, weniger des T-P-Intervalls und manchmal durch Verschmälerung der R-Zacke. P und T werden dabei größer.

Miki beobachtete bei Erstickungsversuchen am narkotisierten Hund nach Aussetzung der Atmung: Heben der Nachschwankung, Verkürzung der Herzperiode und der Ventrikelsystole. Bei anhaltender Aussetzung der Atmung stieg die T-Zacke weiter an, die Frequenz nahm ab und die Verkürzung der Systole nahm zu. Nach Rückkehr zur künstlichen Atmung trat eine Umkehr dieser Veränderungen ein.

Dietrich und Schwiegk machten Versuche im Unterdruck und fanden außer Tachykardie eine regelmäßige Abflachung der Nachschwankung und eine Verkürzung des Ventrikelkomplexes. Bemerkenswert ist die Feststellung, daß bei einer durch CO_2-Atmung, körperliche Arbeit oder Atropin hervorgerufenen Tachykardie die Abflachung der T-Zacke nicht beobachtet wurde.

Bei den Unterdruck-Versuchen von Borgard und Koch kam es zu Tachykardie und Abflachung der T-Zacke.

Die Versuche von Dautrebande und Haldane mit Einatmung von Sauerstoff unter erhöhtem Druck ergaben Verstärkung der Atmung und Abnahme der Pulsfrequenz.

Lami untersuchte bei Gesunden das Ekg nach 5 Minuten Hyperventilation und erklärt die dabei gefundene Höhenabnahme der Anfangs- und der Endschwankung durch Tonuszunahme und dadurch bedingte verstärkte Inspirationsstellung des Zwerchfells.

Garbarini und Gaetano beobachteten bei ihren Versuchen am Kaninchen mit Einatmung von reinem Sauerstoff unter normalen Druckverhältnissen Herabsetzung der Atemfrequenz und geringe Blutdrucksteigerung.

Versuchsanordnung und Technik.

Vor Anstellung der Versuche mußten zunächst bestimmte Grundbedingungen geschaffen werden, damit der Einfluß der Sauerstoffatmung auf die Herztätigkeit nicht durch exogene oder endogene Faktoren geändert und das Ergebnis dadurch unverwertbar gemacht wurde.

Die Versuche wurden nur an kreislaufgesunden Personen im Alter von 18—30 Jahren gemacht. Die letzte Mahlzeit wurde mindestens 4 Stunden vor Beginn des Versuches eingenommen. Insbesondere wurde darauf geachtet, daß kein Nikotin, Coffein oder Alkohol vor dem Versuch genossen wurde. Weiterhin mußte, bevor mit dem eigentlichen Versuch begonnen werden konnte, zunächst abgewartet werden, bis sich ein konstanter Ruhepuls ein-

reguliert hatte, um einen genauen Anfangswert zu haben und damit die während der Sauerstoffatmung auftretende Bradykardie nicht noch als Abfall zum Ruhepuls gewertet werden mußte.

Der erforderliche Sauerstoff wurde einer Sauerstoff-Bombe entnommen, in einer Wasserflache angefeuchtet und durch ein Einatmungsventil mit Hilfe eines Mundstückes der Versuchsperson zugeführt. Zwischen die Wasserflasche und das Einatmungsventil waren noch ein Gummibeutel (zum Ausgleich der Atemschwankungen) und ein Dreiwegehahn eingeschaltet. Die Nasenatmung wurde durch Anlegung einer Nasenklemme unterbunden.

Zur Aufnahme der Elektrokardiogramme wurde der Siemens-Spannungs-Elektrokardiograph benutzt.

Während der gesamten Versuchsdauer lag die Versuchsperson völlig entspannt in Rückenlage auf einem Ruhebett. Mit Beginn der Ruhelage wurden die Elektroden mit feuchten, körperwarmen Handtüchern angelegt und durch Umwickeln mit trockenen Tüchern vor Verdunsten und der dadurch eintretenden Verminderung der Leitfähigkeit geschützt.

Bei den Versuchen 1—14 wurden die Elektrokardiogramme im Versuchsraum aufgenommen. Bei den Versuchen 15—19 stand der Elektrokardiograph außerhalb des Versuchszimmers. Es wurde nämlich von einzelnen Versuchspersonen selbst die Beobachtung gemacht, daß sie durch das Schalten am Ekg-Apparat, durch Pulszählen und Blutdruckmessen ungewollt für die Vorgänge in ihrer unmittelbaren Umgebung interessiert wurden. Es ist erklärlich, daß dadurch die psychische Komponente, die bei derartigen Versuchen berücksichtigt werden muß, wesentlich an Bedeutung zunahm. Deshalb blieb von Versuch 15 ab die Versuchsperson während der Ekg-Aufnahme und insbesondere während der Sauerstoffatmung allein im Versuchszimmer. Weiterhin wurde bei diesen 5 Versuchen die Blutdruckmessung weggelassen und während der Sauerstoffatmung kein Puls gezählt. Die Sauerstoff-Zufuhr wurde zu Beginn des Versuches genau einreguliert. Außerdem wurde die Versuchsperson ständig vom Nebenzimmer aus beobachtet, um die Sauerstoffatmung kontrollieren zu können.

Die Versuche verliefen nach einem bestimmten und für die gesamte Versuchsreihe einheitlichen Zeit-Schema:

Zunächst wurde bei der auf dem Ruhebett liegenden Versuchsperson abgewartet, bis die Pulsfrequenz konstant war. Dann wurden die Elektroden angelegt, das Mundstück eingeführt und die Nase zugeklemmt. Von diesem Zeitpunkt an wurde mit dem Versuch begonnen und das erste Ekg aufgenommen. Nach 15'

Luftatmung wurde die zweite Ekg-Aufnahme gemacht. Dann wurde mit Hilfe des Dreiwegehahns auf Sauerstoff umgeschaltet. Nach 5', 10' und 15' Sauerstoffatmung wurde jeweils eine Ekg-Aufnahme gemacht. Nach 20' Sauerstoffatmung wurde wieder auf Luftatmung zurückgeschaltet und nach 15' Luftatmung das letzte Ekg aufgenommen.

Bei den Versuchen 1—14 wurden — wie schon erwähnt — auch jeweils Puls und Blutdruck bestimmt. Zur Ekg-Aufnahme in 3 Ableitungen mit der Langsamlauf- und der Schnellauf-Kassette, zur Bestimmung der Pulsfrequenz in 1 Minute und zum Blutdruckmessen wurden insgesamt 5 Minuten benötigt. Daraus ergibt sich die in der Kurvenzeichnung festgelegte graphische Darstellung der Versuchszeiten. Für die Versuche 15—19, bei denen kein Blutdruck gemessen und während der Sauerstoffatmung kein Puls gezählt wurde, ist die gleiche Zeiteinteilung beibehalten worden.

Auswertung des Elektrokardiogramms.

Bei der Auswertung des mit der Schnellaufkassette aufgenommenen Ekg's ergaben sich besondere Schwierigkeiten durch die bei dieser Kassette auftretenden Ungleichmäßigkeiten in der Zeitschreibung. Deshalb wurden für die Gesamtwertung nur die Ergebnisse aus den mit der Langsamlaufkassette aufgenommenen Elektrokardiogramme benutzt. Zum Ausmessen der einzelnen Ekg-Abschnitte wurde ein Greifzirkel mit Nonius-Einteilung benutzt, der eine exakte Bestimmung bis 0,15 mm erlaubt. Dadurch war es möglich, eine große Genauigkeit beim Ausmessen der Ekg-Strecken und Zackenhöhen zu erreichen.

Durch die Herzbeschleunigung im Inspirium und die Verlangsamung im Exspirium treten zeitliche Veränderungen in der Dauer der Herzschläge auf. Außerdem wird die Form des Elektrokardiogramms von der Herzlage und letztere wiederum von den Atembewegungen des Zwerchfells beeinflußt, sodaß Formveränderungen der Zacken entstehen, die von der Atemphase abhängig sind. Es wurden deshalb in jeder Ableiutng zumindest 20 Herzschläge aufgenommen, um durch Bestimmung des Mittelwertes aus den Abmessungen von 15—20 Herzschlägen vergleichbare Werte für die einzelnen Versuchszeiten zu erhalten.

Die einzelnen Strecken und Zackenhöhen wurden wie folgt abgemessen:

Ueberleitungszeit von Mitte P bis Anfang Q.
Kammerkomplex von Anfang Q bis Ende S.

Systole von Anfang Q bis Ende T (Berührungspunkt des abfallenden T-Schenkels und der isoelektr. Linie).
S-T (Mitte) von Ende S bis Mitte T.
S-T (Ende) von Ende S bis Ende T (Berührungspunkt des abfallenden T-Schenkels und der isoelektr. Linie).
Die P-, R- und T-Zacken wurden von der oberen Kante der isoelektr. Linie bis zum Gipfelpunkt der Zacke gemessen. Für die Bewertung wurde eine konstante Eichkurve festgelegt.

Versuchsergebnisse.

1. Pulsfrequenz (aus dem Ekg errechnet)

Der Mittelwert aus den 19 Versuchen ergab ein deutliches Absinken der Pulsfrequenz für die gesamte Dauer der Sauerstoffatmung. Nach Absetzen der Sauerstoffzufuhr trat ein Anstieg bis über den Ruhewert hinaus ein.

Bei zwölf Versuchen sank die Pulsfrequenz vom Beginn bis zum Ende der Sauerstoffatmung, um dann wieder bis zum Ruhewert und in der Mehrzahl der Fälle noch darüber hinaus anzusteigen. Bei zwei Versuchen (1 und 9) wurde der tiefste Wert der Bradycardie nach 10' O_2-Atmung gefunden. Bei einem Versuch (16) trat die niedrigste Frequenz schon nach 5'O_2 ein, stieg nach 10' um 3 Pulsschläge, fiel nach 15' wieder gering ab und steigerte sich nach Absetzen des Sauerstoffs deutlich über den Ruhewert hinaus. Der Abfall der Pulsfrequenz durch die O_2-Atmung ist bei diesem Versuch aber so eindeutig, daß die kleine Schwankung während der 15'O_2-Zufuhr nicht von wesentlicher Bedeutung ist. Bei einem Versuch (7) trat ebenfalls eine deutliche Bradycardie auf, die aber auch nach Absetzen des Sauerstoffs noch anhielt. Die Versuche 4, 5 und 11 zeigten eine so unregelmäßige Schwankung der Pulszahlen, daß sie keine exakte Bewertung zuließen.

Entsprechend den Veränderungen der Pulsfrequenz finden sich bei der Pulszeit die gleichen Veränderungen im Sinne einer Verlängerung.

2. Systole.

Der Mittelwert ergab eine Verlängerung der Dauer der Systole bis 10' Sauerstoffatmung und langsamen Rückgang bis Ende der Sauerstoffatmung. Nach Umschalten auf normale Luftatmung wurde dieser Rückgang am stärksten.

Bei zehn Versuchen war eine Verlängerung in der Dauer der Systole während der O_2-Atmung und ein Rückgang dieser Veränderung nach Absetzen des Sauerstoffs festzustellen. Ein Ver-

such (15) zeigte ebenfalls Verlängerung während der Sauerstoffatmung, die aber nach der Sauerstoffabsetzung noch anhielt. Bei Versuch 1 war nur eine Verlängerung bis 10' O_2 festzustellen. Sieben Versuche zeigten keine Veränderung der Systolendauer.

Das Verhältnis der Systolendauer zur Pulsfrequenz wurde nach der von Hegglin und Holzmann aufgestellten Kurve untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, daß bei kurzfristiger Sauerstoffatmung eine Aenderung in dem von den genannten Autoren angegebenen Verhältnis der Systolendauer zur Pulsfrequenz eintritt, insofern als die Pulsfrequenz stärker abnimmt als die Systolendauer zunimmt.

3. Kammerkomplex.

Die bei den Versuchen 9, 14 und 16 aufgetretenen Veränderungen ließen zwar eine zeitliche Verlängerung erkennen, sind aber so minimal, daß sie praktisch nicht gewertet werden können. Ein Versuch (15) ergab eine unbedeutende Verkürzung des QRS-Komplexes. Bei den übrigen fünfzehn Versuchen blieb die Dauer der Kammererregung während des ganzen Versuches konstant. Auch der Mittelwert zeigte keine Veränderung.

4. Ueberleitungszeit.

Der Mittelwert ergab eine deutliche Verlängerung für die Dauer der Sauerstoffatmung und einen mäßigen Rückgang dieser Veränderung bei anschließender Luftatmung.

Neun Versuche zeigten keine Reaktion. Vier Versuche (3, 6, 8 und 10) ließen eine deutliche Verlängerung der P—Q-Strecke während der Sauerstoffatmung erkennen. Bei Versuch 9 trat eine Verlängerung nur bis 10' O_2 ein. Ein anderer Versuch (13) zeigte nur eine kurze Verlängerung bis 5' O_2. Bei den Versuchen 7, 16, 17 und 18 wurde die Ueberleitungszeit für die Dauer der O_2-Atmung größer, ohne daß nach der Umschaltung auf Luft eine Verkürzung eintrat.

5. Strecke S—T (Ende)

Im Mittelwert war eine minimale Verlängerung bis 10' O_2 festzustellen.

Bei neun Versuchen trat eine ständige Verlängerung während der Sauerstoffatmung und wieder Verkürzung bei der anschließenden Luftatmung ein. Versuch 9 zeigte Verlängerung bis 10' O_2 und Versuch 13 eine solche nur bis 5' O_2. Bei acht Versuchen war keine Veränderung festzustellen.

Da der Kammerkomplex außer den minimalen Veränderungen bei vier Versuchen keine Reaktion zeigt, gleichen sich die Kurven der Strecke S-T (Ende) und der Systole.

6. Strecke S-T (Mitte).

Im Mittelwert trat deutlich Verlängerung bis 15' O_2 und Verkürzung bei der anschließenden Luftatmung ein.

Acht Versuche ließen eine Verlängerung bis 15' O_2, sechs Versuche bis 10' O_2 und ein Versuch (15) nur bis 5' O_2 erkennen. Bei Versuch 18 hielt die Verlängerung auch noch nach der Umschaltung auf Luftatmung an. Die Versuche 4 und 10 zeigten unverwertbare Reaktionen. Lediglich bei einem Versuch (3) wurde eine ständige Verkürzung gefunden.

7. Höhe der Vorhof-Zacke.

Der Mittelwert ergab zunächst einen Höhenabfall bis 5' O_2, dann Anstieg bis 15' O_2 und nach Umschaltung auf Luftatmung wieder Abfall bis annähernd zum Ruhewert.

Sieben Versuche zeigten eine Größenzunahme der P-Zacke bis 15' O_2 und wieder Abfall bei Rückkehr zur Luftatmung. Bei Versuch 2 konnte ein Anstieg bis 10'O_2 festgestellt werden, während die Versuche 3, 8 und 15 einen deutlichen Abfall während der Sauerstoffatmung erkennen ließen. Die Ergebnisse aus acht Versuchen waren nicht verwertbar.

8. Höhe der Kammer-Zacke.

Im Mittelwert zeigte sich ein Anstieg während der 15' Sauerstoffatmung mit anschließendem Abfall bis zum Ruhewert.

Sechs Versuche ergaben einen deutlichen Anstieg während der gesamten Sauerstoffatmung und ein Versuch (9) einen solchen nur bis 10'O_2. Bei drei Versuchen (14, 17 und 19) stieg die Höhe der R-Zacke während der Sauerstoffatmung und auch noch nach Umschaltung auf Luftatmung. Neun Versuche zeigten Veränderungen, die nicht gewertet werden konnten.

9. Höhe der Endschwankung.

Beim Mittelwert ließ sich ein ständiger Anstieg der Höhe der T-Zacke während der Sauerstoffatmung und Abfall bis fast zum Ruhewert bei anschließender Luftatmung feststellen.

Fünfzehn Versuche zeigten einen Anstieg bis 15'O_2,, zwei Versuche (4 u. 9) bis 10'O_2 und ein Versuch (12) nur bis 5'O_2. Dagegen konnte bei Versuch 3 ein Abfall während der gesamten Sauerstoffatmung festgestellt werden. Eine negative T-Zacke wurde aber nicht beobachtet.

Die Veränderrungen der T-Breite wurden nicht bestimmt, da von den neunzehn Versuchen nur ein kleiner Teil im Ekg einen sicheren Anfangspunkt der T-Zacke erkennen ließ. Aus dem Vergleich der Messungs-Ergebnisse der Strecken S-T (Ende) und S-T (Mitte) kann aber geschlossen werden, daß die durch Verlängerung der Strecke S-T (Mitte) bedingte zunehmende Steilstellung des abfallenden Schenkels von T nicht nur auf die Höhenzunahme von T, sondern auch auf eine zunehmende Verschmälerung der Endschwankung zurückzuführen ist.

10. Respiratorische Arhythmie.

Eine respiratorische Arhythmie durch Sauerstoffatmung trat nur bei drei Versuchen (2, 5 u. 6) auf. Die bei Versuch 8 von Anfang an beobachtete respiratorische Arhythmie hielt während des Versuches weiter an und wurde nur ganz gering gesteigert.

Besprechung.

Aus den mitgeteilten Untersuchungen geht hervor, daß bei gesunden Menschen unter den Bedingungen körperlicher Ruhe durch Atmung von Sauerstoff unter normalen Druckverhältnissen nicht nur eine Herabsetzung der Pulsfrequenz, sondern auch charakteristische Veränderungen im Ekg beobachtet werden können.

Entsprechend der zunehmenden Pulsdauer findet sich neben Verlängerung der Ueberleitungszeit eine Zunahme der Systolendauer ohne wesentliche Veränderungen der Breite des Kammerkomplexes, sodaß die Veränderungen der Systole hauptsächlich in der Strecke S-T zu suchen sind. Es kommt ferner zu einer Erhöhung der Initialschwankung und der T-Zacke. Die P-Zacke zeigt zu Anfang der O_2-Atmung ein Absinken, um in späteren Versuchsminuten wieder anzusteigen, wobei der Anfangswert etwas überschritten wird. Bemerkenswert ist, daß 15' nach Sauerstoffatmung die T-Zacke noch nicht den Anfangswert erreicht hat, während die R-Zacke wieder auf den Ausgangswert zurückgekehrt ist. Weiterhin muß besonders beachtet werden, daß die Ueberleitungszeit die geringste Aenderung beim Uebergang auf normale Luftatmung zeigt. Bei einzelnen Versuchspersonen fiel uns auf, daß die respiratorische Arhythmie bei Sauerstoffatmung stärker wurde.

Die beschriebenen Veränderungen sind im allgemeinen den Veränderungen, die bei Sauerstoffmangel- und bei Unterdruckatmung auftreten, entgegengesetzt und entsprechen den Veränderungen am hypoxämischen Herzen bei reiner Sauerstoff-

atmung. Die Herabsetzung der Frequenz und die damit verbundenen Veränderungen der zeitlichen Dauer der einzelnen Ekg-Strecken sind mit Wahrscheinlichkeit durch zentrale Einwirkung zu erklären. Sicher kann diese Annahme aber nur im Tierversuch entschieden werden. Die Veränderungen der Ausschlagsgrößen können dagegen zum Teil auch durch direkte Einwirkung auf den Herzmuskel entstanden sein, oder durch Lageveränderung oder bessere Durchblutung des Herzens bedingt sein. Die Möglichkeit einer direkten Einwirkung des Sauerstoffes auf den Herzmuskel besteht insofern, als die bei den vorliegenden Versuchen gefundenen Veränderungen der P- und insbesondere der T-Zacke den bisher bei Vagotonie beschriebenen Reaktionen entgegengesetzt sind, während die R-Zacke die gleichen Höhenänderungen zeigt. Es wäre also daraus zu schließen, daß die Gestaltung der Zacken nicht allein durch den Vagustonus bedingt ist.

Zu entscheiden wäre ferner die Frage, ob die beschriebenen Veränderungen bereits der Ausdruck einer toxischen Sauerstoffwirkung oder eines Nachlassens der „physiologischen Hypoxämie" sind. Die letztere Annahme kann für die wahrscheinlichere gehalten werden, weil es sich um gleichsinnige Veränderungen handelt, die auch sonst beobachtet werden, wenn die Sättigung des Blutes bei Hypoxämie gebessert wird.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß unsere Befunde nur für die von uns gewählte Versuchsanordnung Gültigkeit beanspruchen können. Systematische Untersuchungen von Anthony und Biedenkopf über die bei Sauerstoffatmung auftretenden Blutveränderungen haben z. B. gezeigt, daß im Beginn der O_2-Atmung eine Abnahme der Erythrocyten und des Hämoglobins im strömenden Blut eintritt, bei längerdauernder Sauerstoffatmung die Zahlen aber wieder ansteigen. Es ist deshalb keineswegs gesichert, daß die von uns gefundenen Veränderungen im Elektrokardiogramm auch bei längerdauernder O_2-Atmung in dieser Form bestehen bleiben.

Zusammenfassung.

1. Es wurde an 19 kreislaufgesunden Personen der Einfluß kurzfristiger Sauerstoffatmung auf die Herztätigkeit (Pulsfrequenz und Elektrokardiogramm) untersucht.

2. Folgende Veränderungen treten bei kurzfristiger Sauerstoffatmung auf: Herabsetzung der Pulsfrequenz mit entsprechender Verlängerung der Pulszeit;
Verlängerung der Systolendauer;

Verlängerung der Ueberleitungszeit;
Verlängerung des S-T-Intervalls;
Höhenzunahme der Kammer-Zacke;
Höhenzunahme der Endschwankung;
Anfänglicher Höhenabfall,
dann Höhenzunahme der Vorhof-Zacke.

3. Die Dauer der Kammererregung bleibt konstant.
4. Aenderungen im subjektiven Befinden treten nicht auf.

———

Herrn Prof. Dr. A. J. Anthony spreche ich für die Ueberlassung der Arbeit meinen verbindlichsten Dank aus. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Reinwein, der es mir ermöglichte, in seiner Klinik arbeiten und die Versuche durchführen zu können.

Literatur.

Anthony, A. J. und H. Biedenkopf: im Druck.
Borgard u. Koch: Münch. med. Wschr. 1934, Nr. 15, 556.
Castellino, Nicolò: Folia med., Jhrg. 13,, Nr. 19, 721—749.
Dautrebande, L. and J. S. Haldane: Journ. of physiol. Bd. 55, Nr. 3/4, 296—299.
Dietrich u. Schwiegk: Klin. Wschr. 1933, Nr. 1.
Garbarini u. Gaetano: Azione dell'alto tensione di ossigeno sull'organismo animale. Fisiol. e Med. 5, 41—57 (1934).
Greene u. Gilbert: Arch. int. med. 27, 517 (1921).
Hegglin, R. u. M. Holzmann: Z. Kl. Med. 1937, Bd. 132 S. 1.
Kountz and Gruber: Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. 27, 323 (1922).
Lami, Guido: Riforma med. 1935, 663—667.
Larsen, Kaj.: Hosp. tid. 1936, 277—284.
Miki: Z. exp. Med. 27, 323 (1922).
Ryser, H.: Schweiz. med. Wschr. 53, Nr. 52,, 1923, 1190—1195.
Scherf, D.: Lehrbuch des Ekg, Wien 1937, VIII.
Tigges, Fr.: Ztschr. f. Kreislaufforschung, 28. Jhrg., Heft 7.
Weber, A.: Die Elektrokardiographie, II. Aufl. 1935, Berlin.

Pulsfrequenz [in 1 Minute]

V.	Beginn	15'L	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	54,9	57,6	50,2	49,0	49,3	57,8
2	56,9	53,8	50,4	50,9	47,3	52,1
3	66,3	66,6	65,1	64,7	63,7	73,1
4	77,7	77,7	80,0	76,2	79,5	79,6
5	59,9	58,6	58,7	57,9	58,3	62,3
6	80,4	73,8	66,9	53,3	51,8	71,4
7	72,7	72,5	68,6	66,0	67,8	65,5
8	63,8	64,8	60,4	57,6	45,7	64,5
9	104,1	96,2	95,2	90,9	95,1	96,8
10	57,0	57,6	56,1	53,7	52,7	57,1
11	54,8	54,8	54,7	55,4	54,2	55,6
12	67,7	67,8	64,6	64,5	61,0	76,6
13	79,8	84,0	71,7	80,9	80,8	88,0
14	59,8	60,2	55,1	54,6	52,1	66,5
15	70,0	74,9	70,18	68,2	65,8	73,5
16	69,2	67,9	60,3	63,4	62,7	72,7
17	55,2	56,2	50,2	49,9	48,6	59,8
18	56,9	57,6	58,3	54,9	54,3	58,6
19	76,1	75,4	68,6	67,4	66,0	73,0
Mw.	67,53	67,26	63,43	62,07	60,88	68,66

Pulszeit (in Sek.)

V.	Beginn	15′L.	5′O_2	10′O_2	15′O_2	15′L.
1	1,093	1,042	1,195	1,225	1,217	1,038
2	1,054	1,112	1,190	1,178	1,269	1,151
3	0,905	0,901	0,922	0,927	0,942	0,820
4	0,772	0,772	0,750	0,787	0,755	0,754
5	1,002	1,024	1,022	1,036	1,029	0,963
6	0,746	0,813	0,897	1,126	1,158	0,840
7	0,825	0,827	0,875,	0,909	0,885	0,916
8	0,940	0,926	0,993	1,041	1,313	0,930
9	0,576	0,624	0,630	0,660	0,631	0,620
10	1,053	1,042	1,070	1,117	1,138	1,051
11	1,095	1,095	1,097	1,083	1,107	1,079
12	0,886	0,885	0,929	0,930	0,983	0,783
13	0,752	0,714	0,836	0,741	0,742	0,682
14	1,003	0,996	1,089	1,099	1,151	0,902
15	0,857	0,801	0,855	0,880	0,912	0,816
16	0,867	0,884	0,995	0,946	0,957	0,825
17	1,087	1,068	1,195	1,202	1,235	1,003
18	1,054	1,042	1,029	1,093	1,105	1,024
19	0,788	0,796	0,875	0,889	0,909	0,822
Mw.	0,913	0,914	0,971	0,993	1,023	0,895

Systolendauer (in Sek.)

V.	Beginn	15'L.	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	0,3895	0,3840	0,3978	0,3978	0,3630	0,3950
2	0,3845	0,3845	0,3845	0,3845	0,3845	0,3845
3	0,3575	0,3575	0,3575	0,3575	0,3575	0,3575
4	0,3290	0,3290	0,3290	0,3290	0,3290	0,3290
5	0,3500	0,3500	0,3510	0,3510	0,3510	0,3453
6	0,3185	0,3215	0,3460	0,3490	0,3515	0,3405
7	0,3230	0,3230	0,3230	0,3230	0,3230	0,3230
8	0,3340	0,3340	0,3450	0,3480	0,3645	0,3420
9	0,2725	0,2740	0,2755	0,2850	0,2815	0,2755
10	0,3508	0,3536	0,3536	0,3536	0,3536	0,3510
11	0,3755	0,3755	0,3755	0,3755	0,3755	0,3755
12	0,3315	0,3315	0,3345	0,3345	0,3355	0,3287
13	0,3175	0,3080	0,3205	0,3150	0,3150	0,3095
14	0,3508	0,3508	0,3560	0,3645	0,3645	0,3508
15	0,3400	0,3400	0,3425	0,3425	0,3425	0,3425
16	0,3340	0,3370	0,3340	0,3340	0,3370	0,3230
17	0,3645	0,3645	0,3754	0,3754	0,3730	0,3620
18	0,3536	0,3536	0,3590	0,3615	0,3615	0,3560
19	0,3315	0,3315	0,3340	0,3370	0,3370	0,3340
Mw.	0,3424	0,3423	0,3471	0,3483	0,3474	0,3434

Dauer der Kammererregung (in Sek.)

V.	Beginn	15'L.	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	0,0580	—	—	—	—	—
2	0,0424	—	—	—	—	—
3	0,0577	—	—	—	—	—
4	0,0525	—	—	—	—	—
5	0,0483	—	—	—	—	—
6	0,0508	—	—	—	—	—
7	0,0552	—	—	—	—	—
8	0,0525	0,0525	0,0525	0,0525	0,0500	0,0525
9	0,0570	0,0570	0,0570	0,0585	0,0585	0,0570
10	0,0525	—	—	—	—	—
11	0,0511	—	—	—	—	—
12	0,0470	—	—	—	—	—
13	0,0605	—	—	—	—	—
14	0,0414	0,0442	0,0415	0,0440	0,0442	0,0470
15	0,0525	0,0525	0,0497	0,0497	0,0497	0,0550
16	0,0442	0,0497	0,0497	0,0500	0,0525	0,0442
17	0,0525	—	—	—	—	—
18	0,0595	—	—	—	—	—
19	0,0552	—	—	—	—	—
Mw.	0,0521	0,0526	0,0523	0,0525	0,0525	0,0526

Ueberleitungszeit (in Sek.)

V.	Beginn	15'L	$5'O_2$	$10'O_2$	$15'O_2$	15'L
1	0,1160	0,1160	0,1160	0,1160	0,1160	0,1160
2	0,1690	0,1785	0,1785	0,1813	0,1785	0,1785
3	0,1401	0,1425	0,1455	0,1470	0,1510	0,1455
4	0,1215	0,1215	0,1215	0,1215	0,1215	0,1215
5	0,1160	0,1160	0,1160	0,1160	0,1160	0,1160
6	0,1415	0,1415	0,1430	0,1510	0,1510	0,1415
7	0,1077	0,1077	0,1077	0,1145	0,1105	0,1190
8	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1085	0,1065
9	0,1145	0,1145	0,1165	0,1165	0,1145	0,1145
10	0,1410	0,1450	0,1420	0,1465	0,1465	0,1435
11	0,0953	0,0953	0,0953	0,0953	0,0953	0,1105
12	0,0856	0,0856	0,0856	0,0856	0,0830	0,0830
13	0,0965	0,0935	0,0995	0,0935	0,0965	0,0965
14	0,1215	0,1215	0,1300	0,1300	0,1300	0,1300
15	0,1350	0,1381	0,1350	0,1380	0,1380	0,1380
16	0,1515	0,1520	0,1547	0,1519	0,1533	0,1547
17	0,1560	0,1520	0,1505	0,1520	0,1575	0,1575
18	0,1325	0,1325	0,1350	0,1350	0,1380	0,1400
19	0,1880	0,1850	0,1850	0,1850	0,1850	0,1657
Mw.	0,1281	0,1286	0,1296	0,1306	0,1311	0,1304

Dauer der Strecke S-T (Ende) (in Sek.)

V.	Beginn	15'L.	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	0,3315	0,3260	0,3398	0,3398	0,3050	0,3370
2	0,3421	0,3421	0,3421	0,3421	0,3421	0,3421
3	0,2998	0,2998	0,2998	0,2998	0,2998	0,2998
4	0,2765	0,2765	0,2765	0,2765	0,2765	0,2765
5	0,3017	0,3017	0,3027	0,3027	0,3027	0,2970
6	0,2677	0,2707	0,2952	0,2982	0,3007	0,2897
7	0,2678	0,2678	0,2678	0,2678	0,2678	0,2678
8	0,2815	0,2815	0,2925	0,2955	0,3145	0,2895
9	0,2155	0,2170	0,2185	0,2265	0,2230	0,2185
10	0,2983	0,3011	0,3011	0,3011	0,3011	0,2985
11	0,3244	0,3244	0,3244	0,3244	0,3244	0,3244
12	0,2845	0,2845	0,2875	0,2875	0,2885	0,2817
13	0,2570	0,2475	0,2600	0,2545	0,2545	0,2490
14	0,3094	0,3066	0,3145	0,3205	0,3203	0,3038
15	0,2875	0,2875	0,2928	0,2928	0,2928	0,2875
16	0,2898	0,2873	0,2843	0,2840	0,2845	0,2788
17	0,3120	0,3120	0,3229	0,3229	0,3205	0,3095
18	0,2941	0,2941	0,2995	0,3020	0,3020	0,2965
19	0,2763	0,2763	0,2788	0,2818	0,2818	0,2788
Mw.	0,2903	0,2897	0,2948	0,2958	0,2949	0,2909

Dauer der Strecke S-T (Mitte) (in Sek.)

V.	Beginn	15'L.	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	0,2430	0,2450	0,2595	0,2595	0,2569	0,2486
2	0,2580	0,2665	0,2665	0,2720	0,2947	0,2610
3	0,2305	0,2280	0,2290	0,2280	0,2240	0,2197
4	0,2070	0,2070	0,2060	0,2115	0,2045	0,2045
5	0,2265	0,2265	0,2320	0,2320	0,2290	0,2290
6	0,1950	0,2005	0,2156	0,2250	0,2280	0,2200
7	0,1960	0,1960	0,1990	0,2045	0,1975	0,2015
8	0,2100	0,2100	0,2240	0,2250	0,2280	0,2210
9	0,1650	0,1685	0,1685	0,1725	0,1710	0,1655
10	0,2155	0,2210	0,2210	0,2210	0,2210	0,2210
11	0,2417	0,2417	0,2445	0,2445	0,2445	0,2400
12	0,2070	0,2070	0,2125	0,2125	0,2155	0,2070
13	0,1935	0,1935	0,1975	0,1975	0,1975	0,1935
14	0,2355	0,2400	0,2485	0,2515	0,2515	0,2417
15	0,2265	0,2320	0,2403	0,2350	0,2400	0,2265
16	0,2210	0,2210	0,2210	0,2265	0,2235	0,2125
17	0,2485	0,2460	0,2570	0,2595	0,2570	0,2540
18	0,2320	0,2265	0,2350	0,2350	0,2350	0,2350
19	0,2016	0,2070	0,2154	0,2154	0,2155	0,2070
Mw.	0,2186	0,2202	0,2259	0,2278	0,2281	0,2215

Höhe der Dorhof-Zacke (in mm)

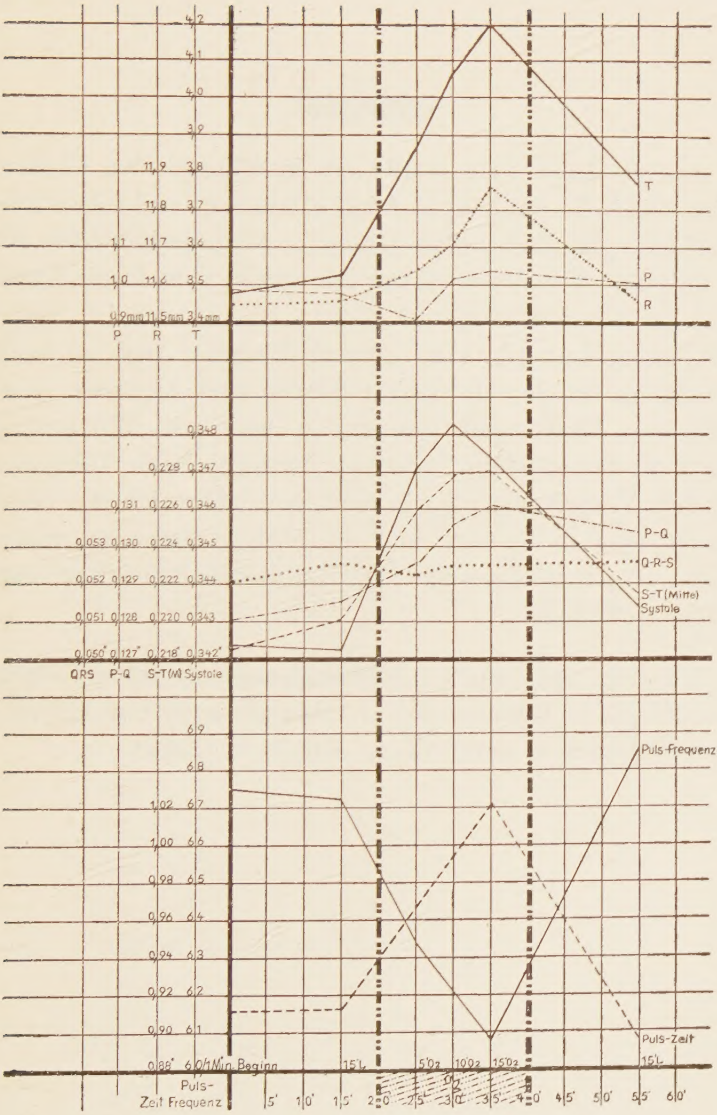
V.	Beginn	15'L	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	0,22	0,77	0,00	1,25	1,50	0,65
2	1,16	1,16	1,40	1,59	1,37	1,16
3	1,17	1,16	1,17	1,12	1,03	1,19
4	0,90	0,64	0,61	0,86	0,78	0,86
5	1,01	1,25	1,00	1,30	1,02	1,12
6	0,90	0,92	0,87	1,00	1,09	0,93
7	0,80	0,74	0,80	0,87	0,96	0,74
8	0,77	0,70	0,60	0,45	0,45	0,59
9	0,95	1,00	0,66	0,71	0,89	0,97
10	0,92	0,94	0,70	0,66	0,85	0,68
11	0,58	0,58	0,63	0,59	0,64	0,59
12	1,65	1,65	1,65	1,65	1,55	2,00
13	1,48	1,19	1,55	1,32	1,38	1,46
14	0,69	0,63	0,76	0,82	0,94	0,88
15	0,93	0,76	0,66	0,76	0,52	0,68
16	1,03	0,95	1,02	0,80	1,11	0,88
17	1,39	1,36	1,54	1,60	1,62	1,20
18	1,23	1,07	0,77	1,17	1,01	1,22
19	1,12	1,22	0,99	0,84	1,04	1,31
Mw.	0,99	0,98	0,91	1,02	1,04	1,01

Höhe der Kammer-Zacke (in mm)

V.	Beginn	15'L.	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	11,19	12,22	14,34	14,50	14,75	14,15
2	8,25	8,54	8,95	8,52	8,30	8,60
3	10,11	9,65	9,53	9,66	9,42	9,40
4	12,50	11,61	11,59	13,16	13,64	11,86
5	12,16	12,56	12,40	12,50	12,93	11,97
6	15,38	15,23	14,77	14,20	14,62	14,20
7	6,32	6,54	6,90	6,56	6,62	6,36
8	12,98	13,10	12,30	12,70	13,60	13,45
9	14,44	15,16	15,66	17,15	15,07	13,58
10	17,45	18,30	18,50	17,24	18,47	17,76
11	8,28	8,82	8,04	7,77	8,47	9,01
12	10,31	9,79	10,62	10,31	10,31	10,33
13	10,68	10,38	10,71	9,72	10,00	9,55
14	7,32	7,34	7,47	8,23	8,30	8,30
16	7,24	6,91	6,82	6,90	7,00	5,60
17	13,52	13,39	13,81	14,10	14,00	14,44
18	13,76	13,44	13,22	13,26	13,00	13,11
19	20,33	20,22	18,88	19,04	19,48	21,07
Mw.	11,55	11,56	11,64	11,71	11,86	11,56

Höhe der Endschwankung (in mm)

V.	Beginn	15'L.	5'O_2	10'O_2	15'O_2	15'L.
1	6,95	6,88	8,31	8,75	8,87	8,44
2	4,07	4,19	4,42	4,66	5,11	4,30
3	4,94	5,35	5,29	5,17	5,17	5,00
4	2,86	3,06	3,17	4,21	3,64	3,29
5	4,87	5,25	5,53	5,58	5,89	5,26
6	2,95	3,68	4,30	4,44	4,70	4,14
7	3,68	3,83	4,45	4,50	4,52	4,20
8	3,07	3,20	3,55	3,76	4,00	3,70
9	2,06	2,17	2,17	2,32	2,09	1,64
10	5,09	5,38	5,60	6,28	6,47	5,82
11	3,82	3,43	3,82	4,11	4,33	3,51
12	3,30	2,88	3,61	3,40	3,25	3,00
13	2,38	2,12	2,85	2,47	2,76	2,59
14	2,47	2,40	2,78	2,94	3,19	2,52
15	2,06	1,96	2,09	2,18	2,28	2,04
16	1,60	1,70	1,82	1,83	1,88	1,75
17	4,26	3,88	3,92	4,54	4,73	4,00
18	2,90	3,01	3,22	3,26	3,35	3,22
19	2,92	2,66	2,71	3,01	3,50	3,33
Mw.	3,48	3,53	3,87	4,07	4,20	3,77


T
P
R
P-Q
Q-R-S
S-T (Mitte) Systole
Puls-Frequenz
Puls-Zeit
Puls-Zeit Frequenz

Lebenslauf.

Am 31. März 1911 wurde ich in Wieseck bei Gießen als zweites Kind des Kaufmanns Adolf K ü m m e l und seiner Ehefrau Wilhelmine geb. Sommerlad geboren. Nach dreijährigem Besuch der Volksschule in Wieseck trat ich Ostern 1920 in die Vorschulklasse der Oberrealschule zu Gießen ein, an der ich 1930 die Reifeprüfung bestand. Vom Sommer-Semester 1930 an studierte ich zunächst an der Universität Gießen drei Semester Deutsch, Geschichte, Musik und Geographie und seit Wintersemester 1931/32 an der gleichen Universität Medizin. Nach Ablegung der ärztlichen Vorprüfung 1934 in Gießen studierte ich das Sommersemester 1934 in Rostock und die übrigen Semester wieder in Gießen, wo ich im Sommer 1937 das medizinische Staatsexamen mit „gut" bestand.

Seit 1. 7. 1937 war ich Medizinalpraktikant an der Medizinischen Klinik in Gießen. Seit 1. Februar 1938 bin ich als Medizinalpraktikant in der Chirurg. Klinik in Gießen.